(Aus dem Zoologischen Institut der Universität München)

Beziehungen zwischen Bau des Darmtrakts, Auswertung der Nahrung und Flugvermögen bei Wirbeltieren

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von

Anni Pesserl

aus München

1939

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg

Berichterstatter: Prof. Dr. K. v. Frisch

Tag der mündlichen Prüfung: 7. und 11. April 1938

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie", 27. Band, 2. Heft
Verlag von Julius Springer, Berlin

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einleitung 251
II. Faktoren, welche die Durchgangszeit bestimmen 252
III. Versuche mit Vögeln und weißen Mäusen 253
1. Kennzeichnung des Versuchsfutters 253
2. Versuche mit Vögeln 254
3. Versuche mit weißen Mäusen 255
4. Bestimmung von Körpergewicht, Körpervolumen, Darmlänge, Darmgewicht und Darminhalt der zum Versuch verwandten Tiere . . . 256
5. Ergebnisse 257
IV. Versuche mit Fledermäusen und Maulwürfen 261
1. Fledermäuse 261
Haltung der Tiere S. 262. — Kennzeichnung des Versuchsfutters S. 262. — Bestimmung der Durchgangszeiten S. 263. — Bestimmung von Körpergewicht, Körpervolumen, Darmlänge und Darmgewicht bei Fledermäusen S. 263. — Ergebnisse der Versuche an Fledermäusen S. 264.
2. Maulwürfe 265
Haltung der Tiere und Durchführung der Versuche S. 265. — Vergleich der Ergebnisse bei Fledermäusen und Maulwürfen S. 266. — Bestimmungen an verschiedenen Insektenfressern S. 267.
V. Ist die Ausnützung der Nahrung trotz verschiedener Durchgangszeit im Darm der Tiere gleich? 267
Sammlung des Kotes und Durchführung der Verbrennungsversuche. . 270
Berechnung der Verbrennungswerte 271
VI. Ergebnisse 272
VII. Schluß 272
Zusammenfassung 273
Literaturverzeichnis 273

I. Einleitung.

Die Durchgangszeiten der Nahrung durch den Verdauungstraktus der Tiere sind schon bei den verschiedensten Gattungen und Arten untersucht worden. Ich möchte hier nur auf die Arbeiten von Henneberg und Stohmann (12), Völtz (25), Mangold (21), Lenkeit (17), Steinmetzer (27), Lenkeit und Habeck (16), Groebbels (9), hinweisen. Es ist auch bekannt, daß die Vögel allgemein den kürzesten Darm haben.

Ferner ist ein sehr kurzes Verweilen der Nahrung im Verdauungsapparat der Vögel beobachtet worden. Weiske (29) stellte gelegentlich seiner Rohfaseruntersuchungen an Gänsen fest, daß das Versuchsfutter schon nach 2—3 Stunden, jedenfalls viel früher als bei Säugetieren, in den Exkrementen erschien. Völtz (28) gibt in seinen Versuchen mit Hühnern an, daß Reste einer Kartoffelfütterung bereits nach etwa $1^1/_4$ Stunden und die einer Körnerfütterung bereits nach etwa $2^1/_4$ Stunden in den Fäces auftreten. Im Vergleich dazu sind die für Säugetiere gefundenen Zeiten nach Angaben in der Literatur viel länger. Die Durchgangszeit beläuft sich hier meist auf mehrere Tage und die erste Defäkation tritt erst um ein Vielfaches später auf als bei den Vögeln.

Brant (5) nimmt an, daß die Darmlänge teilweise von dem mehr oder weniger gut entwickelten Flugvermögen der Tiere abhängig ist. Daß wirklich ein solcher Zusammenhang besteht, mag auch daraus ersehen werden, daß unter den Vögeln selbst wieder beim Übergang von schreitender zu fliegender Lebensweise eine deutliche Dünndarmverkürzung eingetreten ist (Haesler, 11). Nach Biedermann (4) haben auch die Laufvögel stark entwickelte, die Flugvögel nur schwach entwickelte Blinddärme. Unter den Säugern zeigen gerade die Fledermäuse, die einzigen Flugsäugetiere, eine besondere Darmverkürzung (Mathis, 22). Man kann wohl annehmen, daß die Kürze des Darmes zur Verminderung des Körpergewichtes führt und eine Anpassung an das Flugvermögen bedeutet.

Es fehlten Versuche an Vögeln und Säugetieren mit vergleichbarer Ernährung und vergleichbarer Größe. Ich habe Darmgewicht, Darmlänge, Körpergewicht, Volumen, Durchgangszeiten und Ausnützung der Nahrung von Vögeln und Säugern bestimmt und die so gefundenen Werte in Beziehung gesetzt. Herrn Prof. v. Frisch möchte ich an dieser Stelle für die Anregung zu der Arbeit sowie für die mir gegebenen Ratschläge, Frl. Prof. Beutler für ihre vielfache Hilfe bei der Durchführung der Arbeit herzlichen Dank sagen.

II. Faktoren, welche die Durchgangszeit bestimmen.

Die Durchgangszeit der Nahrung durch den Verdauungstraktus der Tiere ist von vielen Umständen abhängig und demnach auch bei den einzelnen Tieren sehr verschieden.

Bestimmend für die Durchgangszeit ist erstens *die Art und Beschaffenheit der Nahrung. Zellulosereiche* Nahrung durchläuft infolge der langen Verweildauer im Bakterienverdauungsraum (Blinddarm und Dickdarm) den Verdauungskanal langsamer als zellulosearme oder gar zellulosefreie Nahrung. *Weichfutter* ist infolge seines Wassergehaltes und kolloidalen Zustandes leichter angreifbar und wird deshalb rascher entleert als Körnerfutter (Habeck, 10; Mangold, 19). Verständlich ist ferner, daß eine *kleine* Menge den Verdauungskanal rascher durchläuft als eine große, wenn auch, wie wir noch sehen werden, die Durchgangszeit nicht proportional der verfütterten Menge wächst. Es ist auch nicht gleichgültig, ob den Tieren

Futter *nach vorausgegangener Hungerzeit* dargereicht wird oder ob sie sich bei Beginn des Versuches in *normalem Fütterungszustand* befinden. Breitmeyer (3) hat z. B. durch chemisch-physiologische Untersuchungen festgestellt, daß im Drüsenmagen der Tauben im Hungerzustand Vorfermente angehäuft werden. Nach vorausgegangener Hungerperiode wird daher der erste Teil der Versuchsmahlzeit rascher verdaut sein als der restliche, für dessen Verarbeitung erst wieder neue Fermente nachgeliefert werden müssen. Ist also die Futterportion so klein gewählt, daß das während der vorausgehenden Hungerzeit angehäufte Ferment ausreicht, um sie zu verdauen, so wird die Durchgangszeit verglichen mit der 2- oder 3fachen Futtermenge, relativ kürzer sein. Als äußerst wichtige Faktoren sind schließlich der *anatomische Bau* der einzelnen Darmabschnitte, sowie die Größe des resorbierenden Schleimhautreliefs in Betracht zu ziehen. Nach Magnan (18) haben die Fleischfresser die kleinste innere Darmoberfläche, die Pflanzenfresser die größte. Der Verdauungsapparat der Vögel stellt mit seinem Drüsen- und Muskelmagen wiederum besondere anatomische Verhältnisse dar. Als weiteres, die Durchgangszeit der Nahrung bestimmendes Moment ist die *Darmlänge* anzusehen. Der Bau und die Länge des Verdauungsapparates stehen aber ihrerseits wieder in Beziehung zur natürlichen Ernährungsweise der Tiere. Der Darm ist bei Granivoren und Omnivoren am längsten, bei Insektivoren am kürzesten (Habeck, 10). Man bekommt den Eindruck, daß namentlich die schlacken- und zellulosereiche Pflanzenkost zu einer relativen Verlängerung der Darmabschnitte geführt hat, sieht aber andererseits, daß auch die Fischfresser (Groebbels, 7, 688), die erhebliche Mengen eiweißreichen Futters verarbeiten müssen, einen relativ langen Darm besitzen. Bei der Betrachtung des Darmes dürfen die Blinddärme nicht vergessen werden, die in Bau und Funktion einen sehr großen Wechsel zeigen. Man findet sie wieder am längsten bei Tieren mit schlackenreicher Zellulosenahrung, sowohl bei Säugern (Haesler, 10; Jacobshagen, 13) als auch bei Vögeln (Groebbels, 8).

Um den Zusammenhang zwischen Durchgangszeit der Nahrung und Darmlänge zu klären, habe ich Versuche mit verschiedenen Futtermengen an Vögeln und Säugetieren angestellt. Es wurde angestrebt, Tiere von ungefähr gleicher Körpergröße, die durch ein ähnliches Körpergewicht und Volumen gewährleistet wird, zu verwenden. *Es wurden als Körnerfresser Kanarienvögel und weiße Mäuse gewählt, als Insektenfresser Fledermäuse, Spitzmäuse und Maulwürfe.*

III. Versuche mit Vögeln und Mäusen.

1. Kennzeichnung des Versuchsfutters.

Um die Durchgangszeit einer bestimmten Futtermenge durch den Verdauungskanal bestimmen zu können, muß sie so gekennzeichnet werden, daß die von dieser Versuchsmahlzeit herrührenden Fäces von denen der vorausgehenden und nachfolgenden Fütterung gut zu unterscheiden sind. Um dies zu erreichen, findet man in der Literatur verschiedene Methoden angegeben: Weiske (29), Schmidt und Grassburger (26), Völtz (28), Kaupp und Ivey (14), Basler (2), Henneberg und Stohmann (12), Steinmetzer (27), Groebbels (7), Schäff (23).

In meinen Versuchen handelte es sich darum, ein Futter zu wählen, das der natürlichen Nahrung entsprach und sowohl von Vögeln als auch von Mäusen gern aufgenommen wurde. Ich wählte geschälte Hirse und

Reis. Diese Körner sollten so gefärbt werden, daß die Reste einer bestimmten Versuchsmahlzeit im Kote wiederzufinden und scharf von denjenigen der vorausgehenden und nachfolgenden Fütterung zu unterscheiden waren. Die Färbung mußte so stabil sein, daß die Körner weder durch den sauer reagierenden Magensaft, noch durch den alkalischen des Darmes entfärbt wurden. Der Farbstoff mußte auch unschädlich sein. Am besten entsprach diesen Anforderungen die von Lenkeit und Habeck bereits angewandte Methode der Färbung mit Fuchsindiamant (16), die ich unverändert übernommen habe:

Es wird am besten eine 0,2—0,3%ige Farbstofflösung benutzt. Die mit Aqua dest. hergestellte Lösung muß erhitzt und dann filtriert werden. Die noch warme Lösung wird dann mit den zu färbenden Körnern in ein großes Glas gebracht, und zwar 0,5 Liter auf $^1/_4$ kg. Dieser Aufguß bleibt zuerst etwa 3 Stunden in einem Wasserbade von etwa 50° und kommt dann für 2—3 Tage in den Thermostaten bei 37°. Der durch Verdampfen eintretende Flüssigkeitsverlust muß ab und zu durch Nachfüllen von warmem Aqua dest. ersetzt werden, damit die Körner immer von Farblösung bedeckt bleiben. Nach dem Färben wird die Farblösung abfiltriert. Die Körner werden dann im fließenden Wasser 2 Tage lang gründlich gespült; hierzu wird ein mit der Wasserleitung verbundenes Glasrohr fast bis auf den Boden des Glases geführt, so daß die Körner durch das unter einem gewissen Druck einströmende Wasser ständig bewegt werden. Am 1. Tag wird konzentrierte HCl (etwa 10 ccm auf 1 Liter) zugesetzt, nach mehrmaligem kräftigen Durchschütteln einige (etwa 6) Stunden stehen gelassen und dann das Spülen unter der Wasserleitung fortgesetzt. Am letzten Tag erfolgt ein Zusatz von absolutem Alkohol (etwa 40 ccm auf 1 Liter). Nach einer Einwirkung von etwa 10 Stunden wird nochmals gründlich ausgespült, bis zur vollständigen Farblosigkeit des Spülwassers. Dann werden die Körner bei 37—40° 2 Tage lang getrocknet.

2. Versuche mit Vögeln.

Die Vögel befanden sich dauernd einzeln in Käfigen. Es standen mir 18 Kanarienvögel zur Verfügung. Während des Versuches wurde der Blechboden des Käfigs gegen eine saubere Glasplatte, von der sich der Kot leicht mit dem Skalpell abkratzen ließ, ausgewechselt.

Um die Durchgangszeit der Nahrung möglichst genau feststellen zu können, war es notwendig, die Tiere durch eine vorausgehende Hungerperiode, die bei Vögeln und Mäusen gleich lang gewählt wurde, zu einer raschen Futteraufnahme zu zwingen. Versuche, bei denen trotz der vorausgehenden Hungerzeit die Futteraufnahme nicht während einer Stunde erfolgte, wurden ausgeschieden. Die Hungerzeit erstreckte sich meist von abends 6 Uhr bis morgens 8 oder 9 Uhr (etwa 14—15 Stunden). Dann wurde das abgewogene Versuchsfutter vorgesetzt. Es wurde sorgsam darauf geachtet, daß nichts davon durch Verstreuen verlorenging. War die Aufnahme der gefärbten Körner beendigt, so wurde den Vögeln gewöhnliches „Kanariensingfutter" zur Verfügung gestellt. Trinkwasser war immer vorhanden. Es wurde die Zeit der ersten „roten Defäkation" notiert und in Abständen der abgesetzte Kot entfernt. *Als Durchgangszeit wurde jeweils die Zeit vom Augenblick der ersten Futteraufnahme bis*

einschließlich der letzten noch schwach rot gefärbten Defäkation gerechnet. Die Fäces waren anfangs ganz schwach, die Hauptmenge dagegen deutlich rot gefärbt. Gegen Ende des Versuches nahm die Farbe wieder an Deutlichkeit ab. Hatte der Kot seine normale Farbe wieder angenommen, so war daraus zu ersehen, daß bereits Nachfutter erschien.

Es wurden die Durchgangszeiten von 150, 300, 500 und 1000 mg Hirse, sowie die von 150, 300 und 500 mg Reis festgestellt (Tabelle 1).

Tabelle 1. Durchgangszeiten von verschiedenen Mengen Reis und Hirse bei Vögeln, angegeben in Minuten.

Es wurden verfüttert:						
150 mg		300 mg		500 mg		1000 mg
Reis	Hirse	Reis	Hirse	Reis	Hirse	Hirse
140	95	160	195	380	210	310
130	130	140	180	370	195	390
135	125	180	165	290	210	260
150	110	160	180	410	180	420
140	120	120	165	300	210	230
190	125	190	195	295	220	290
130	120	170	165	260	200	300
205	130	240	180	225	210	
275	140	195	175	300	205	
200	150	130	165	270	195	
205	120	150	195	295	220	
190	160	190	170	260	180	
220	100	170	175	295	200	
130	120	180	210	270	230	
140	130	170	190	320	170	
120	90	185	160	275	190	
150	100	225	200	300	210	
130	120	240	255	210	240	
	110	160	180	240	195	
	120	130		195	210	
	125	170		250	200	
	110	160				
		180				
		175				
150	120	173	180	286	202	280
			Mittelwerte			

3. Versuche mit weißen Mäusen.

Mit weißen Mäusen wurden Versuche in völlig gleicher Weise ausgeführt. Die Mäuse wurden während des Versuches einzeln in Mäusezuchtkäfigen aus verzinktem Draht gehalten. Die Käfige standen auf Glasplatten, von denen der Kot gesammelt wurde. Da die Tiere sehr wärmebedürftig sind, wurden sie außerhalb des Versuches gemeinsam in Glasaquarien gehalten, in denen sie sich ein Nest bauen konnten. Den Versuchen ging jedesmal eine Hungerzeit von 14—18 Stunden voraus.

Die Versuche wurden durchgeführt mit 75, 150, 300 und 500 mg Hirse, ferner mit 75, 150, 300, 500 und 1000 mg Reis (Tabelle 2). In Tabelle 3 findet man für Vögel und Mäuse zusammengefaßt die Zeiten der ersten Defäkation.

Tabelle 2. Durchgangszeiten von verschiedenen Mengen Reis und Hirse bei Mäusen, angegeben in Minuten.

Es wurden verfüttert:								
75 mg		150 mg		300 mg		500 mg		1000 mg
Reis	Hirse	Reis	Hirse	Reis	Hirse	Reis	Hirse	Reis
360	350	410	505	480	390	675	615	1390
350	355	415	455	525	470	690	555	1255
300	320	460	495	520	465	545	650	1090
315	280	465	445	550	525	605	585	1320
255	305	405	455	525	620	560	570	1210
390	310	455	420	530	465	615	660	1275
400	340	420	450	470	570	860	600	1345
285	360	435	420	490	450	660	615	1160
350	340	400	510	525	525	990	630	1470
370	310	440	375	530	480	590	605	1540
350	340	450	405	430	440	730	580	
370	295	420	430	540	550	820	600	
340	300	435	360	460	525	510	610	
330	320	455	380	500	580		635	
360	310	415	450	530	440		600	
410	320	420	405	490	525		615	
		340	375		540		555	
		435	420		525		600	
		420	455		450		640	
			400		550		570	
			410		500		605	
			450		555		625	
			395				650	
			420					
			405					
			375					
			455					
			455					
346	323	426	428	506	506	670	607	1305
Mittelwerte								

Tabelle 3. Erste Defäkation bei Vögeln und Mäusen nach Verfütterung von verschiedenen Mengen Reis und Hirse, angegeben in Minuten.

Bei Vögeln				Bei Mäusen	
Hirse	Hirse	Reis	Reis	Hirse	Reis
45	50	65	30	155	210
55	60	55	55	160	185
60	45	70	70	235	155
30	45	50	50	155	135
45	40	65	60	165	155
45		55	50	180	165
40		40	45	180	185
65		60	45	200	170
45		40	40	170	150
55		40	35	165	160
45		45	60	180	180
45		40	40	195	160
40		50	45	160	185
45		70	45	120	170
35		45	40	180	160
50		40	65	195	165
55		45	50	160	170
35		65	45	150	190
40		55	50	250	240
45		60	30	150	160
45		65	45	170	150
30		55	45	190	180
45		55		210	160
45		70		160	130
40		40		150	140
45		45		190	160
45		50		200	170
55		70		230	
50		60		170	
40		45		160	
46		59		177,83	168,14
Mittelwerte					

4. Bestimmung von Körpergewicht, Körpervolumen, Darmlänge, Darmgewicht und Darminhalt der zum Versuch verwandten Tiere.

Die Tiere wurden lebend gewogen, mit Chloroform abgetötet und das Volumen durch Untertauchen in einem Meßzylinder bestimmt. Die Vögel wurden vor der Volumenbestimmung gerupft, die Mäuse geschoren. Das Tier wurde dann aufpräpariert und der Darm herausgenommen. Bei diesen Operationen mußte auf eine rasche Ausführung geachtet werden, denn die Länge des Darmes verändert sich schon bald nach dem Tod (Mangold, 20).

Der herauspräparierte Darm wurde, um jede Reibung mit der Unterlage und die damit verbundene Dehnung des Darmes möglichst zu vermeiden, auf einer Glasplatte ausgebreitet. Zum Zweck der genaueren Messung wurde der Darm abgeteilt. Bei dem Vogel: in Oesophagus (bis Cardia), Drüsenmagen, Muskelmagen, Pylorus bis Kloake. Bei den Mäusen wurde der Darm in Oesophagus, Magen, Dünndarm Blinddarm und Enddarm zerlegt. Mit einem Bindfaden wurde den Krümmungen des Darmes genau nachgegangen. Der nasse Faden legte sich gut an und wurde an den Endflächen des Darmes abgeschnitten. Die einzelnen Fadenstücke wurden gemessen, die Summe ergab die Gesamtlänge des Darmes. Ein Blinddarm ist bei den Kanarienvögeln nicht vorhanden.

War die Länge der einzelnen Darmteile bestimmt, so wurde das Mesenterium entfernt und die einzelnen Stücke wurden gewogen. Dann wurden sie mit der Sonde aufgeschlitzt, der Magen aufgeschnitten und mit physiologischer Kochsalzlösung ausgewaschen. Durch die Reinigung mit 0,9 % NaCl wird eine Quellung des Gewebes vermieden. Die innere Schicht des Muskelmagens, die nur das erhärtete Sekret der darunter liegenden Drüsenzellen der Magenschleimhaut darstellt und leicht ablösbar ist, wurde in die Wägung mit einbezogen. Die einzelnen Teile wurden auf Filtrierpapier ausgebreitet, an der Luft konstant getrocknet und wieder gewogen.

Tabelle 4. Zusammenstellung der Werte für Körpergewicht, Körpervolumen, Darmlänge, Darmgewicht und Gewicht des Darminhalts bei Mäusen und Vögeln, die nach Belieben hatten fressen können.

Mäuse					Vögel				
Körpergewicht g	K.-Volumen ccm	Darmlänge cm	Darmgewicht mg	Darminhalt mg	Körpergewicht g	K.-Volumen ccm	Darmlänge cm	Darmgewicht mg	Darminhalt mg
24,200	21	53,3	2180	750	16,890	14	31,5	1465	795
26,570	23	54,2	1940	1140	17,530	16	34,3	1110	650
29,290	28	63,1	1890	2420	18,740	16	35,0	940	260
27,460	29	56,4	2000	1770	15,130	13	32,6	920	830
25,830	26	57,6	2188	1250	17,950	17	35,6	1110	370
26,710	27	55,0	1819	2260	20,420	18	34,6	1090	740
22,310	22	54,7	1740	1830	17,070	15	31,6	820	610
31,200	30	63,5	2551	3050	19,210	18	38,0	930	740
23,160	24	48,6	1357	2510	18,620	17	32,9	940	720
26,410	28	58,7	1950	1250	21,020	19	34,4	1080	690
19,260	23	44,1	1770	1115	22,130	18	37,0	1160	600
23,270	24	52,2	1710	1280	16,400				
20,550	19	44,5	1670	900	22,870				
21,740	21	46,5	1860	860	17,480				
26,320	24	55,1	1900	500	22,970				
24,620	22	52,2	2090	1500					
24,020	22	51,7	1780	860					
25,290	23	52,7	1620	600					
24,837	24,1	53,8	1874	1480	18,962	17	34,3	1033	655
					Mittelwerte				

5. Ergebnisse.

Aus Tabelle 4 ist zu entnehmen: Mittleres Gewicht der Vögel 18,962 g, mittleres Gewicht der Mäuse 24,837 g, mittleres Volumen der Vögel 17 ccm, mittleres Volumen der Mäuse 24,1 ccm. Das Verhältnis der Volumina entspricht ungefähr dem der Körpergewichte. Verhältnis der

Körpergewichte 1 : 1,30, Verhältnis der Volumina 1 : 1,42. Wenn man aus Volumen und Gewicht das *spezifische Gewicht* berechnet, so ergibt sich etwas Unerwartetes. Das spezifische Gewicht beträgt bei meinen Kanarienvögeln 1,115 und bei den Mäusen nur 1,03. Es war überraschend, daß der Körper des Kanarienvogels trotz der vorhandenen Einrichtungen zu einer Gewichtsverminderung doch spezifisch schwerer ist als der der Maus. Vielleicht hat die besonders starke Entwicklung des Brustbeins und der Flugmuskulatur zu einer Vermehrung des Körpergewichts geführt. Man müßte an einer größeren Reihe von Vögeln und nicht fliegenden Säugern das spezifische Gewicht bestimmen. Es wäre auch interessant, Werte von schlechten und ausgesprochen gut fliegenden Vögeln zu vergleichen. Man muß allerdings bedenken, *daß mit meiner Methode die Volumenvergrößerung des Vogels durch das Gefieder nicht erfaßt wird.* Eine einwandfreie Methode zur Bestimmung des Volumens des befiederten Vogels und des behaarten Säugers fehlt noch.

Die durchschnittlichen *Durchgangszeiten* (Tabelle 1 und 2) bei Verfütterung von Reis und Hirse an Mäuse und Vögel sind in Tabelle 5 übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle 5. Durchschnittliche Durchgangszeiten bei Verfütterung von Reis und Hirse an Vögel und Mäuse, angegeben in Stunden.

Versuchstier	Futtermenge mg	Hirse		Reis	
		Mittelwert	Schwankungsbreite	Mittelwert	Schwankungsbreite
Maus	75	5^{23}	4^{40}— 6^{00}	5^{46}	4^{15}—6^{50}
Vogel	150	2^{00}	1^{30}— 2^{40}	2^{30}	2^{00}— 4^{35}
Maus		7^{08}	6^{00}— 8^{30}	7^{06}	5^{30}— 7^{45}
Vogel	300	3^{00}	2^{55}— 3^{30}	2^{53}	2^{00}— 4^{00}
Maus		8^{26}	6^{30}—10^{20}	8^{26}	7^{10}— 9^{10}
Vogel	500	3^{22}	3^{15}— 6^{50}	4^{46}	2^{50}— 3^{50}
Maus		10^{07}	9^{15}—11^{00}	11^{10}	9^{05}—16^{30}
Vogel	1000	4^{40}	3^{50}— 7^{00}	5^{14}	3^{10}— 6^{00}
Maus		—	—	21^{45}	18^{10}—25^{40}

Aus Tabelle 5 ist zu ersehen, daß die Durchgangszeiten von Reis und Hirse bei Vögeln wie auch bei Mäusen einander sehr nahe kommen.

Die Durchgangszeiten gleicher Futtermengen bei beiden Versuchstieren stehen in folgendem Verhältnis (Tabelle 6) zueinander.

Aus diesen Proportionen errechnet sich ein Mittelwert von *1 : 3, d. h. die gleiche Futtermenge braucht, um den Mäusedarm zu durchlaufen, die 3fache Zeit wie beim Vogel.* Ein Vergleich der *„ersten roten Defäkation"* (Tabelle 3) ist noch eindeutiger als der der Enddurchgangszeiten, da letztere durch kleine Mengen zurückbleibender gefärbter Nahrungsteile

hinausgeschoben werden können. Bei diesem Vergleich spielt, wie ich durch neue Versuche feststellen konnte, die Menge des Futters keine Rolle; es besagt diese Zeit nur, wie lange eine Einheit Futter braucht, um den Verdauungskanal zu durchwandern. Die erste rote Defäkation verhält sich bei Vogel: Maus wie 1 : 4,5 (Hirse) und wie 1 : 3,3 (Reis), es errechnet sich daraus also ein etwas höheres Verhältnis, 1 : 3,9 im Mittel.

Tabelle 6. Verhältnis der Durchgangszeit von Hirse und Reis bei Mäusen und Vögeln.

Futter	Menge	Durchgangszeiten bei Vögeln	Durchgangszeiten bei Mäusen	Verhalten sich wie
Hirse	150	2^{00}	7^{08}	1 : 3,6
Reis		2^{30}	7^{06}	1 : 2,8
Hirse	300	3^{00}	8^{26}	1 : 2,8
Reis		2^{53}	8^{26}	1 : 2,9
Hirse	500	3^{22}	10^{07}	1 : 3,0
Reis		4^{46}	11^{10}	1 : 2,3
Reis	1000	5^{14}	21^{45}	1 : 4,1

Eine Gegenüberstellung von *Futtermengen* und *Durchgangszeiten* bringt nachstehende Ergebnisse:

Tabelle 7.

Verhältnis der Futtermengen	75 : 150 : 300 : 500 mg =	Mäuse
	1 : 2 : 4 : 6,6	
Dazugehöriges Verhältnis der Durchgangszeiten	5^{23} : 7^{08} : 8^{26} : 10^{07}	Hirse
	1 : 1,3 : 1,6 : 1,9	
Verhältnis der Futtermengen	75 : 150 : 300 : 500 : 1000 mg =	Mäuse
	1 : 2 : 4 : 6,6 : 13,3	
Dazugehöriges Verhältnis der Durchgangszeiten	5^{46} : 7^{06} : 8^{00} : 11^{10} : 21^{45}	Reis
	1 : 1,2 : 1,5 : 1,9 : 3,8	
Verhältnis der Futtermengen	150 : 300 : 500 : 1000 mg =	Vögel
	1 : 2 : 3,3 : 6,6	
Dazugehöriges Verhältnis der Durchgangszeiten	2^{00} : 3^{00} : 3^{22} : 4^{40}	Hirse
	1 : 1,5 : 1,7 : 2,3	
Verhältnis der Futtermengen	150 : 300 : 500 : 1000 mg =	Vögel
	1 : 2 : 3,3 : 6,6	
Dazugehöriges Verhältnis der Durchgangszeiten	2^{30} : 2^{53} : 4^{46} : 5^{14}	Reis
	1 : 1,1 : 1,9 : 2,1	

Aus diesen Proportionen ist zu ersehen, daß eine Verdoppelung der Nahrungsmenge *keine* Verdoppelung der Durchgangszeit zur Folge hat, sondern daß sich diese sowohl *bei Verfütterung von Reis als auch Hirse erst bei der 6,6fachen Menge des Ausgangsgewichtes nahezu verdoppelt.* Dieses Verhältnis bleibt auch bei starker Vermehrung der Futtermenge bestehen (der 13,3fachen Futtermenge entspricht z. B. eine 3,8mal so große Verdauungsgeschwindigkeit, s. Tabelle 7).

Die Durchgangszeiten verhalten sich also bei Vogel zu Maus wie 1 : 3 (S. 258). Was ist die Ursache für eine 3mal so große Durchgangszeit bei Mäusen? Sie ist in erster Linie in der verschiedenen Darmlänge zu sehen. Sollen aber die Darmlängen verglichen werden, so müssen sie auf gleiche Körpergewichte umgerechnet werden.

Durchschnittskörpergewicht der Mäuse	24,837 g
Durchschnittskörpergewicht der Vögel	18,962 g
Differenz	5,875 g.

Das Gewicht der Vögel beträgt 76,3% von dem der Mäuse.

Durchschnittliche Darmlänge der Mäuse	53,8 cm = 100%
Durchschnittliche Darmlänge der Vögel	34,3 cm = 63,8%.

Die Darmlänge des Vogels ist also nicht entsprechend seinem Körpergewicht 76,3% der Mäusedarmlänge, sondern nur 63,8%. Sie ist daher bezogen auf gleiches Körpergewicht um 12,5%, rund $^1/_6$ *kleiner*. Daß die Durchgangszeit durch den kürzeren Darm kleiner ist, war zu erwarten. Wenn aber die Durchgangszeit nur von der Länge des Darmes und nicht von anderen Faktoren mitbestimmt würde, müßte das Verhältnis der Durchgangszeiten ein anderes sein, als ich es in meinen Versuchen gefunden habe. Wenn beispielsweise eine bestimmte Futtermenge, um den Mäusedarm zu durchwandern, 60 Min. brauchte, müßte das gleiche Futtergewicht den Vogeldarm, da dieser um $^1/_6$ kürzer ist, in 50 Min. passiert haben. *In Wirklichkeit ist jedoch die Durchgangszeit noch bedeutend kürzer*, nämlich entsprechend dem Verhältnis 1 : 3 nur 20 Min.

Außer der Kürze des Darmes spielt wahrscheinlich der Unterschied im anatomischen Bau bei Vogel und Maus eine Rolle (Sonderung in Drüsen- und Muskelmagen, Fehlen des Blinddarms beim Vogel), außerdem der gesteigerte Stoffwechsel des Vogels (höhere Temperatur!), der die rasche Verarbeitung der Nahrung bedingt.

Entsprechend der Kürze des Darmes ist auch sein *Inhalt* beim Vogel geringer als bei der Maus. Die jeweilige Füllung des Darmtractus, die gerade bei Abtötung der Tiere vorlag, war ganz verschieden, im Mittel aber beim normal ernährten Vogel stets geringer als bei der normal ernährten Maus. Darminhalt der Mäuse (Tabelle 4) *1418 mg*, Darminhalt der Vögel (Tabelle 4) *655 mg*. Der Darminhalt des Vogels beträgt nur *46,2%* des Mäusedarminhaltes. Das *Gewicht des Darmkanals* selbst zeigt wiederum eine große Gewichtsdifferenz bei beiden Tieren. Darmgewicht der Mäuse (Tabelle 4) *1874 mg*, Darmgewicht der Vögel (Tabelle 4) *1033 mg*. Das Darmgewicht der Vögel müßte entsprechend dem Körpergewicht 76,3% betragen, macht aber nur 55,1% aus. Das ist ein Unterschied von 21,2%.

Der Darm der Vögel hat also nicht nur weniger Inhalt, sondern ist auch an sich leichter.

Ich gebe hier zur besseren Übersicht nochmals eine Zusammenstellung der bei den Mäusen und Vögeln gefundenen Werte:

Tabelle 8.

			Auf prozentuales Körpergewicht umgerechnet
Körpergewicht	Maus Vogel	24,837 = 100% 18,962 = 76,3%	
Darmlänge	Maus Vogel	53,8 = 100% 34,3 = 63,8%	76,3% 63,8% 12,5% Differenz
Darmgewicht	Maus Vogel	1874 = 100% 1033 = 55%	76,3% 55,1% 21,2% Differenz
Darminhalt	Maus Vogel	1418 = 100% 655 = 46,2%	76,3% 46,2% 30,1% Differenz

Diese 3 Punkte: Darmverkürzung, Darmgewichtsverminderung, sowie kleineres Gewicht des Darminhaltes zeigen eine deutliche Neigung zur Herabsetzung des Körpergewichtes der Vögel in Anpassung an ihr Flugvermögen.

IV. Versuche mit Fledermäusen und Maulwürfen.

1. Fledermäuse.

Es war wichtig zu wissen, ob die Fledermäuse als einzige Flugtiere unter den Säugern *auch* derartige besondere Anpassungserscheinungen zeigen.

Mathis (22) berichtet bereits von besonderen Einrichtungen der Fledermäuse, die eine Herabsetzung des Körpergewichtes bewirken sollen. Das Knochengerüst ist sehr leicht, wenn auch nicht lufterfüllt wie bei den Vögeln, und auch der Darm ist auffallend kurz, dünnwandig und arm an Muskeln. In einer Tabelle, die ich hier wiedergebe, gibt er Körpergewicht, Darmlänge, Verhältnis der Darmlänge zu Körpergewicht und Darmgewicht zweier verschiedener Fledermausarten an und vergleicht damit die Werte von *Mus musculus* (Hausmaus) und *Sorex vulgaris* (Spitzmaus).

Tabelle 9 (nach Mathis).

Tierart	Körpergewicht	Darmlänge	Verhältnis der Darmlänge zum Körpergewicht	Darmgewicht
Vesp. pipistrellus	19,5	85—115	5,1	0,3
Vesp. murinus .	26	230—250	9,2	0,9
Mus musculus .	18,9	540	28,5	2,0
Sorex vulgaris .	12,2	415	34,0	1,7
Sorex vulgaris .	8,3	290	34,9	1,0

Den Vergleich zwischen Fledermaus und Hausmaus finde ich nicht zweckmäßig, handelt es sich doch bei der Fledermaus um einen ausgesprochenen insectivoren, bei der Hausmaus um einen omnivoren Typ. Man könnte es hier also auch nur mit einer Anpassung an die *Nahrung* zu tun haben. Erst wenn unter den Insectivoren selbst wieder in der Darmlänge derartige Gegensätze zwischen fliegenden und nichtfliegenden Tieren bestehen, kann von einer *Flug*anpassung die Rede

sein. Die Fledermaus besitzt aber (s. obige Tabelle) trotz des größeren Körpergewichtes auch einen kürzeren Darm als die Spitzmaus, die ebenfalls ein reiner Insektenfresser ist.

Haltung der Tiere. Von den verschiedenen Fledermausarten bekam ich einmal einige Ohrenfledermäuse und auch eine Speckfledermaus. Diese gingen jedoch sehr bald in der Gefangenschaft ein. Allein die gemeine Fledermaus *(Myotis murinus = Vespertilio murinus)* konnte ich in größerer Anzahl bekommen und auch über $^1/_2$ Jahr gut in Gefangenschaft halten. Zur Durchführung meiner Versuche standen mir 20 *Myotis murinus* zur Verfügung. Die Tiere wurden in einem Stall, dessen Fenster zum größten Teil verhängt waren, untergebracht. Unter Tags hingen sie meist neben- oder übereinander, zu einem dichten Klumpen zusammengedrängt in einem Rupfen. Bei Eintreten der Dämmerung oder auch erst bei Einbruch der Dunkelheit wurden sie unruhig, flogen im Stall umher und suchten lebhaft nach Futter. Tiere, die beisammen hingen, zeigten immer eine große Körperwärme, während solche, die einzeln angetroffen wurden, sich kalt und steif anfühlten. Eisentraut (6) beschreibt ja auch die Fledermäuse als poikilotherme Tiere. Gefüttert wurden die Fledermäuse außerhalb des Versuches allabendlich mit je 40 bis 60 Mehlwürmern. Zu Versuchszwecken wurden sie einzeln in die bereits bei den Mäuseversuchen angegebenen Drahtkäfige gebracht. Dort hingen sie dann auch alsbald, an den hinteren Extremitäten aufgehängt; zeitweise kletterten sie auch von neuem nach Futter suchend im Käfig umher.

Kennzeichnung des Versuchsfutters. Als Versuchsfutter dienten Mehlwürmer. Wie bei meinen früheren Versuchen mußte auch hier wieder die Versuchsmahlzeit irgendwie gekennzeichnet werden.

Ich injizierte Mehlwürmer mit Olivenöl, das mit Sudanrot angefärbt worden war. Auf diese Weise war es zwar möglich, das erste Auftreten des Versuchsfutters in den Fäces zu bestimmen, nach einer gewissen Zeit jedoch wurde die rote Farbe des Kotes zu schwach um das Ende der Durchgangszeit noch eindeutig feststellen zu können.

Hierauf versuchte ich den Darminhalt der Mehlwürmer durch einen Farbstoff kenntlich zu machen. Es erwies sich jedoch die Farbmenge im Darm der Würmer als zu gering, um im Fledermauskot eine Abgrenzung der Versuchsmahlzeit möglich zu machen.

Schließlich quetschte ich Mehlwürmer in einem Mörser zu einem Brei und vermengte diesen mit chemisch reinem *Bariumsulfat* (Röntgenbarium). Dieses ist in der schwachen Säure des Magensaftes vollkommen unlöslich und durchläuft den Verdauungskanal unverändert. Das weiße Bariumsulfat bedingte eine hellere Farbe des Kotes, und so konnte das erste Auftreten der Versuchsmahlzeit in den Fäces mit Sicherheit festgestellt werden. Gegen Ende des Versuches nahm aber die Helligkeit des Kotes ab und es war schwierig zu bestimmen, ob es sich noch um Versuchsfutter handelte oder ob bereits Nachfutter erschien. Der Kot wurde darum durch chemische Analyse auf Barium geprüft. Das Barium konnte dann, selbst wenn es nur in geringer Menge vorlag, durch die grüne „Flammenfärbung" nachgewiesen werden.

Mit dieser „Bariummethode" war es mir möglich, sowohl die Zeit der ersten Defäkation als auch die Gesamtdurchgangszeit der Nahrung eindeutig zu bestimmen. Ich wandte sie bei den Fledermausversuchen sowie bei Maulwurfversuchen an.

Hierzu möchte ich noch erwähnen, daß bei genügender Durchmengung mit Bariumbrei schon makroskopisch eine deutliche Abgrenzung von Versuchsfutter gegenüber Nachfutter in den meisten Fällen möglich war. Ich zog daher in späteren Versuchen die Bariumflammenprobe nur mehr selten und nur als Unterstützungsmittel heran. Sie ist vielleicht sogar zu genau und gibt noch Spuren an, die zurückgeblieben sind und erst mit dem Nachfutter kommen.

Einen Einwand, der vielleicht zu dieser Methode gemacht werden könnte, möchte ich auch gleich widerlegen. Wird nicht im Magen Versuchsfutter mit Nachfutter gemischt und ist so überhaupt eine Abgrenzung möglich? Ich möchte auf eine Angabe bei SCHEUNERT (25) hinweisen: „Die in den Magen gelangte Nahrung wird bei allen untersuchten Tieren in bestimmter Weise geschichtet. Es erfolgt nur eine Verschiebung zum Pylorus hin." Außerdem konnte ich sehr oft deutlich zwischen Versuchs- und Nachfutter abgrenzen.

Bestimmung der Durchgangszeiten. Ich bestimmte die Durchgangszeiten zahlenmäßig festgelegter Mengen Mehlwürmer. 6 Mehlwürmer, die ungefähr 500 mg wiegen, wählte ich als Einheit.

Um zu sehen, inwieweit durch veränderte Lebensbedingungen, in diesem Falle durch die normalen Lebensbedingungen, die Durchgangszeiten abgeändert werden, führte ich Tag- und Nachtversuche durch. Die Tiere schliefen bei Tag meist ruhig in ihren Käfigen. Die Nachtversuche führte ich in der Weise durch, daß ich abends zwischen 7 und 8 Uhr fütterte, die Tiere mit einem Farbfleck im Nacken zeichnete, sie dann fliegen ließ und später wieder zur Kontrolle einfing. Es war anzunehmen, daß durch die erhöhten Lebensfunktionen und die damit gesteigerte Körpertemperatur, auch die Verdauungszeit beeinflußt wurde. Ich führte Tagesversuche durch mit 6, 12, 18, 24 Stück Mehlwürmern, Nachtversuche mit 12 Stück.

Tabelle 10.
Bestimmungen von Körpergewicht, Körpervolumen, Darmlänge und Darmgewicht bei Fledermäusen *(Myotis murinus)*.

Körpergewicht g	Körpervolumen ccm	Darmlänge cm	Darmgewicht mg
22,000	36	27,5	850
33,450	35	23,2	870
27,710	37	22,0	(1450)
26,750	35	20,5	880
25,890	34	24,7	830
29,420	36	22,4	870
33,840	36	28,0	650
31,290	38	26,1	820
34,110	35	27,0	870
31,450	37	24,4	770
26,350	34	25,0	700
31,090	37	23,3	870
33,880	38	23,2	890
28,700	35	25,6	710
27,710	35	26,1	700
26,320		25,2	800
28,720		23,8	720
26,510		24,2	810
29,010		25,1	860
27	36	23,4	803

Mittelwerte

Den Versuchen ging jeweils eine Hungerzeit von abends 8 Uhr bis morgens 6 bzw. 9 oder 10 Uhr voraus. Bei Nachtversuchen wurden die Tiere vom Abend des vorhergehenden Tages ab nicht mehr gefüttert. Beim Versuch wurden ihnen die Bariummehlwürmer mit der Pinzette gereicht. Die Versuchsmahlzeit wurde innerhalb weniger Minuten aufgenommen und dann nach ungefähr 2 Stunden 20 Mehlwürmer als Nachfutter gegeben. Um den Kot zu entfernen, mußte ich die Tiere oftmals

aus den Käfigen herausnehmen, da der Kot in den Falten der Flughäute leicht hängen blieb.

Ergebnisse der Versuche an Fledermäusen. Tagversuche: Alle Fledermausversuche zeigten übereinstimmend ein sehr rasches Erscheinen der ersten Teile der Versuchsmahlzeit im Kot. Die erste Bariumdefäkation trat zwischen 20 und 70 Min. nach der Fütterung auf (Tabelle 12). Der Mittelwert liegt bei *41 Min. Also bereits nach* $^3/_4$ *Stunden hat der erste Teil der Versuchsportion den Darm durchwandert.* Die Durchgangszeiten ergaben folgende Mittelwerte:

Tabelle 11. Weitere Körper- und Darmmessungen bei *Myotis murinus* (eingegangene Tiere etwa 10 Stdn. tot). Mittelwerte.

Körpergewicht g	Darmlänge cm	Darmgewicht mg
26,810	26,75	767

Tabelle 12. Durchgangszeiten und erste Defäkation bei Verfütterung von Mehlwürmern an Fledermäuse *(Myotis murinus)* (Tagversuche).

n = Zahl der Versuche	Gefütterte Anzahl Mehlwürmer	Schwankungsbreite der Durchgangszeiten in Stunden	Mittelwert der Durchgangszeiten in Stunden	Mittelwert der Durchgangszeiten in Minuten	1. Ba-Defäkation Mittelwert in Minuten
37	6	4^{00}—6^{30}	5^{24}	324	38
44	12	5^{10}—8^{05}	6^{28}	388	43
29	18	6^{55}—8^{45}	7^{35}	455	43
28	24	7^{25}—9^{50}	9^{08}	548	35

Verhalten sich die verfütterten *Mengen* wie 1 : 2 : 3 : 4, so verhalten sich die Durchgangszeiten wie 324 : 388 : 455 : 548 oder wie 1 : 1,20 : 1,40 zu 1,69 in Tagversuchen. *Es hat sich also bei der 4fachen Futtermenge die Durchgangszeit noch nicht einmal verdoppelt.*

Die Durchgangszeit von 12 Mehlwürmern beträgt bei Nacht nur *5 Stunden 3 Min.* gegenüber *6 Stunden 28 Min.* bei Tag. *Die Durchgangszeit der Nahrung verkürzt sich bei Nacht um 24%.*

Ich steigerte in der Folge die Futtermenge so weit als möglich (80 Mehlwürmer). Um aber den Darm bei der großen Anzahl von Mehlwürmern nicht zu sehr zu belasten, gab ich nur zum letzten Drittel $BaSO_4$ als Indikator. Bei diesen am Abend ausgeführten Versuchen konnte ich am nächsten Morgen nur noch *ein* Bariumkotteilchen feststellen, dann kam bereits deutlich abgegrenztes Nachfutter. Also wurden diese 80 Mehlwürmer, rund 6,5 g = $^1/_4$ Körpergewicht, in 12 Stunden verdaut. Meine Beobachtung geht im allgemeinen dahin, daß die Aufnahmefähigkeit der Tiere durch starke Bewegungen und Anstrengungen erheblich gesteigert wird und daß, je mehr wir füttern, zwar die erste Defäkation nicht beschleunigt wird, wohl aber die anderen Defäkationen zeitlich zusammengedrängt werden. Am Morgen konnte diese große Futtermenge nicht verfüttert werden, wahrscheinlich wäre auch da die Durchgangszeit eine viel größere, da der Stoffwechsel am Tag herabgesetzt ist und

im allgemeinen eine Beziehung zwischen dem Energiebedarf und der Lebhaftigkeit des Stoffwechsels bei den Tieren besteht.

Es ergab sich die Frage, welches *das geeignete Vergleichstier* zur Fledermaus für die Ermittlung der Durchgangszeiten wäre. Gerade an Insektenfressern ist unser Heimatland nicht reich. Es kommt der Maulwurf oder die Spitzmaus als Vergleichstier in Frage. Die gemeine Fledermaus hat ein durchschnittliches Körpergewicht von 27 g. Sowohl der Maulwurf mit einem Körpergewicht von 80—100 g als auch die Spitzmaus mit einem Gewicht von 10 g ist für einen Vergleich nicht sehr geeignet. Zudem sind gerade Spitzmäuse sehr schwer zu bekommen und noch schwerer zu halten.

Ich mußte trotz dieser Mängel den Maulwurf als Vergleichstier für die Fledermäuse verwenden. Aber es kann ein Vergleich der Durchgangszeiten nicht ohne weiteres angestellt werden, da die Körpergewichte zu verschieden sind. Man kann nicht sagen, daß einem 3mal so schweren Tier ein 3mal so langer Darm entspräche. Die Darmlänge bleibt hinter der Körpermasse zurück. Außerdem ist bei dem größeren Tier auch das Darm-Magenlumen ein größeres, aber wieder ist es nicht proportional angestiegen. So kann man auch nicht sagen, daß Fledermaus und Maulwurf das gleiche geleistet hätten, wenn sie die gleiche Menge, also beide z. B. 12 Mehlwürmer, verdaut haben. Es kann ein Vergleich der Durchgangszeiten gleicher Futtermengen nicht durchgeführt werden. Auch wird die größere Darm-Magenoberfläche entsprechend mehr Ferment liefern, also in gleicher Zeit mehr verdauen als bei dem kleineren Tier. Es kann hier nicht ohne weiteres eine Parallele zwischen den Verdauungszeiten von Tieren mit so verschiedener Körpermasse gezogen werden.

Man könnte auch an eine Beziehung auf das Körpervolumen denken, das ja gegenüber dem ansteigenden Körpergewicht zurückbleibt. Jedoch sind die beiden Tiere auch hier in ihren Größenverhältnissen zu verschieden. Darmlänge und Fassungsvermögen müßten erst auf einen einheitlichen Nenner bezogen werden, den es nicht gibt.

Meines Erachtens kommt aus all den angeführten Gründen ein Vergleich der *Gesamtdurchgangszeit* nicht in Frage. Immerhin gibt der Eintritt der ersten Defäkation einen Hinweis darauf, ob einem langen Darm eine entsprechend lange Durchgangszeit zukommt.

2. Maulwürfe.

Haltung der Tiere und Durchführung der Versuche. Die Maulwürfe wurden außerhalb des Versuches einzeln in je einer Kiste mit Erde gehalten. Gewöhnlich dienten Regenwürmer oder auch Pferdefleisch als Nahrung. Während des Versuches wurden sie in die Drahtkäfige gebracht und mit einem Rupfen zugedeckt, um sie gegen grelles Tageslicht zu schützen. Die vorausgehende Hungerzeit konnte, da die Tiere nur einige Stunden ohne Nahrung leben können, nicht so lang gewählt werden wie bei den Fledermäusen. Sie bekamen auch während der dem Versuch vorausgehenden Nacht noch Futter. Die Versuche wurden genau so

durchgeführt wie bei den Fledermäusen. Mehlwürmer mit Bariumsulfat versetzt dienten als Versuchsfutter. Nachfutter, auch wieder aus Mehlwürmern bestehend, mußte, um der Gefräßigkeit der Tiere zu genügen, mehrmals während der Versuchszeit gereicht werden.

Tabelle 13. Erste Defäkation bei Maulwürfen *(Talpa europaea)* nach Verfütterung von bariumsulfathaltigen Mehlwürmern, in verschiedenen Mengen. n = 31.

Minuten	Minuten
180	180
200	220
195	170
225	190
190	200
230	170
170	190
220	200
190	180
195	170
200	200
180	210
170	170
160	160
230	200
200	

Mittelwert: 188 Min.

Vergleich der Ergebnisse bei Fledermäusen und Maulwürfen. Bei Fledermäusen konnte ich manchmal schon nach 20 Min., in den meisten Fällen aber nach 40—50 Min. ein erstes Auftreten der Reste der Versuchsmahlzeit beobachten. Der Mittelwert der ersten Defäkation liegt bei *41 Min.* Dem steht gegenüber eine erste Entleerung beim Maulwurf nach *3 Stunden 8 Min.* Die *ersten Defäkationen* verhalten sich also wie 41 : 188 = *1 : 4,6*, *d. h. die ersten Teile einer Mahlzeit brauchen, um den Maulwurfsdarm zu durchwandern, 4,6mal so lange wie bei der Fledermaus.*

Das besonders rasche Erscheinen der ersten Defäkation konnte ich auch durch einige Versuche an anderen Fledermäusen feststellen. Ich gebe diese Werte noch in einer Tabelle (Tabelle 14).

Es wurde weiterhin das Körpergewicht, die Darmlänge und das Darmgewicht vom Maulwurf bestimmt (Tabelle 15).

Vergleicht man die Körpergewichte von Fledermaus *(Myotis murinus)* und Maulwurf *(Talpa europaea)*, so erhält man folgende Werte: 27 : 96,640

Tabelle 14. Erste Defäkation bei:

Ohrenfledermaus *Plecotus auritus* nach Min.	Speckfledermaus *Vesperugo noctula* nach Min.
45	105
60	80
70	60
35	40
45	50
40	
50	
Mittelwert	
49	67

Tabelle 15. Zusammenstellung der Werte für Körpergewicht, Darmlänge, Darmgewicht vom Maulwurf *(Talpa europaea)*.

	Körpergewicht g	Darmlänge cm	Darmgewicht (ohne Inhalt) g
1	80,240	91,5	1,880
2	77,260	93,5	1,923
3	90,030	95,0	1,875
4	110,240	92,7	2,102
5	100,280	102,0	1,876
6	99,20	87,2	2,035
7	114,230	105,3	1,990
8	101,630	99,2	2,010
Mittelwerte	96,640	95,75	1,961

oder *1 : 3,58*. Die *Darmlängen* verhalten sich wie 23,4 : 95,75 oder wie *1 : 4,08*. Der Vergleich dieser Werte zeigt, daß sich hier die Darmlängen

entsprechend den Körpergewichten verhalten. Dem 4fachen Körpergewicht steht eine 4fache Darmlänge gegenüber.

Es läßt sich bei den Fledermäusen wie bei den Vögeln eine raschere Durchgangs-zeit der Nahrung als Anpassung an das Flugvermögen feststellen.

Tabelle 16. Bestimmungen an verschiedenen Insektenfressern.

Tier	Körpergewicht g	Darmlänge cm	Darmgewicht mg
Myotis murinus Mittelwert (Gemeine Fledermaus)	27	23,4	803
Barbastella barb. (Mopsfledermaus)	5,890	11,9	140
Plecotus auritus (Ohrenfledermaus)	9,030	13	190
„ „ „	7,230	15	180
„ „ „	6,680	15	200
Sorex vulgaris (Spitzmaus)	10,920	30,4	310
„ „ „	9,750	32,0	350
„ „ „	9,700	29,1	230
„ „ „	10,320	28,2	
Talpa europaea Maulwurf Mittelwert	96,640	95,75	1961

Ich habe außerdem versucht, Fledermäuse mit anderen Insektenfressern zu vergleichen und habe nach dem geeignetsten Versuchstier gesucht. Das Körpergewicht von Ohrenfledermaus und Spitzmaus stimmt ungefähr überein. Ein Vergleich der Darmlänge zeigt dagegen einen 2mal so langen Darm bei der Spitzmaus und außerdem ist auch das Darmgewicht entsprechend größer. Gerade diese Gegenüberstellung spricht eindeutig für eine Darmverkürzung und Gewichtsverminderung in Anpassung an das Fliegen (s. Tabelle 16).

Ein Vergleich der gemeinen Fledermaus (*Myotis murinus*) mit der Spitzmaus (*Sorex vulgaris*) lehrt das gleiche. Die *Fledermaus* hat mit einem Durchschnittskörpergewicht von 27 g eine Darmlänge von 24 cm. Die Spitzmaus mit $^1/_3$ Fledermausgewicht hat dagegen einen längeren Darm. Dem kürzeren Darm entspricht aber wieder ein kleineres Fassungsvermögen und damit ist auch wieder für eine geringere Belastung des fliegenden Tieres gesorgt.

Ich kann durch meine Messungen die Ansicht von Matthis [22] nur bestätigen. Es haben auch unter den Säugern die fliegenden Tiere eine Darmverkürzung und Darmgewicht-verminderung wahrscheinlich in Anpassung an das Flugvermögen erfahren.

V. Ist die Ausnutzung der Nahrung trotz verschiedener Durchgangs-zeit im Darm der Tiere gleich?

Der Darm der fliegenden Tiere hat sich in den Untersuchungen als kürzer erwiesen als jener der nicht fliegenden. Damit wird eine Gewichts-

verminderung der Flugtiere erzielt; diese würde *physiologisch* ohne Nutzen sein, wenn die Kürze des Darmes eine schlechtere Ausnützung der Nahrung zur Folge hätte, denn die Tiere müßten dann um so mehr fressen, um dem hohen Stoffwechsel der Flugtiere zu genügen.

Das würde dem Bestreben der Gewichtsverminderung in Anpassung an das Flugvermögen entgegenarbeiten. Nützlich wäre eine gleich gute, ja vielleicht noch bessere Ausnützung der Nahrung trotz kürzerer Verweildauer im Körper, um dem hohen Energieverbrauch zu genügen.

Jede Nahrung hat einen ganz bestimmten Energiegehalt, der bei der Verbrennung in Form von Wärme frei wird und in Kalorien angegeben werden kann. Bestimme ich den Heizwert der verfütterten Nahrung sowie den Heizwert des von dieser Nahrung herrührenden Kotes, so habe ich in der Differenz der beiden Werte ein Maß für die Auswertung derselben. *Theoretisch* ist es der beste Weg um die Ausnützung der in der Nahrung enthaltenen Energie zu bestimmen, wenn ich z. B. 100 mg Futter gebe, von einer zweiten Vergleichsmenge den Kaloriengehalt ermittle und schließlich noch den kalorischen Wert des von der Versuchsmahlzeit herrührenden Kotes bestimme. Die Differenz zwischen dem anfänglichen Kaloriengehalt der Nahrung und dem Kaloriengehalt des Kotes würde die verwertete Kalorienmenge ergeben. *Praktisch* ist gerade diese Methode aus verschiedenen Gründen nicht durchführbar. 1. Fordert sie eine quantitative Abgrenzung und Sammlung des Kotes. Sowohl der ersten Defäkation als auch der letzten sind aber Reste des Vor- bzw. Nachfutters beigemengt. 2. Müßte das ganze Versuchsfutter mit dem Versuchsindikator durchsetzt werden, um es sicher zu erkennen. $BaSO_4$ als Indikator beigegeben liefert, da es bei der Verbrennung zusammensintert und nicht vollkommen verbrannte organische Reste einschließt, falsche Werte. Außerdem ist der Kot immer noch mit einer nicht zu unterschätzenden Menge von Mikroorganismen, Fermenten, abgebauten Fermenten, Resten der abgestoßenen Darmschleimhaut durchsetzt, die bei der Verbrennung auch Kalorien liefern, aber bei Ausnutzungsversuchen eingerechnet werden dürfen. Denn dafür ist eine äquivalente Menge mehr resorbiert worden, aus der sie — bei Ernährungsgleichgewicht — vom Tierkörper gebildet worden sind. Und beim Ausnutzungsversuch interessiert die Differenz Einnahme-Ausscheidung = resorbierte Menge. Ich habe mich deshalb darauf beschränkt, den kalorischen Wert des Kotes von Tieren zu bestimmen, die gleichartige Nahrung in gleicher Menge erhalten hatten, d. h. ich bestimmte den Heizwert des Kotes pro 1 g Trockensubstanz. Denn es erwies sich als unmöglich, längere Ausnutzungsversuche durchzuführen und dabei die Ausscheidungen rein, unvermischt mit Futterresten zu gewinnen. Die Tiere streuen das Futter in verschiedener Weise umher, so daß der so gesammelte Kot stets in unbekanntem Mengenverhältnis mit dem Futter gemischt ist und den Ausnutzungswert verschlechtert. Andererseits ließen

sich kleine Mengen frisch abgesetzten Kotes rein gewinnen. Diese konnte ich analysieren, aber weiß dann natürlich nichts über die zu einer bestimmten Menge Nahrung gehörende Menge Kot. Läßt sich aus dem Heizwert solch reinen Kotes etwas aussagen?

Der Kot besteht aus den zwei Anteilen: a) Nahrungsresten und b) Resten der Verdauungssekrete, Abschilferung, Bakterien usw. Der Anteil b ist ziemlich groß bei vollkommen verdaulicher Nahrung und wird rein im Hungerkot erhalten. Sein Heizwert beträgt: 1 g = 4,86 kal. Sein Aschegehalt wechselt. Die organische Trockensubstanz ergibt einen Heizwert von: 1 g = etwa 6,5 kal. Als Versuchsnahrung wählte ich Reis und Mehlwürmer. Reis besteht aus 4—8% Eiweiß (1 g = 5,7 kal.) und 0,8% Asche (1 g = 0 kal.), aus 77% Stärke (1 g = 4,183 kal.) und Zellmembranen (1 g = 4,6 kal.[1]), sein durchschnittlicher Heizwert beträgt für 1 g Trockensubstanz etwa 4,5 kal. Mehlwürmer bestehen aus Eiweiß (1 g = 5,7 kal.), Fett (1 g = 9,3 kal.), wenig Glykogen (1 g = 4,1 kal.), etwas Chitin (1 g = 4,655 kal.) und Asche, der Heizwert für 1 g Trockensubstanz muß also über dem des Chitins liegen.

Bei einer gut verdauten und möglichst vollständig ausgenutzten Nahrung bleiben als Schlacken zurück beim Reis die Zellmembranen und die unlöslichen Aschenbestandteile (Erdalkalien). Der Heizwert für 1 g Trockensubstanz muß wegen des Aschegehaltes also unter dem des Zellmembranwertes liegen, er wird aber wieder, wenn auch nicht stark, erhöht durch den Anteil Hungerkot. Sein Heizwert sollte also in der Nähe des Wertes für die Zellmembranen liegen. Bei schlechterer Ausnutzung wird er mehr Nahrungsreste enthalten, also dem Reiswert sich annähern. Man sieht, daß die beiden Sollwerte für gut und für schlecht ausgenutztes Futter nicht sehr voneinander differieren und daß sich also aus der Heizwertbestimmung des Kotes bei Reisnahrung nichts Sicheres schließen läßt.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Mehlwurmversuchen. Bei guter Ausnutzung bleibt nur Chitin übrig, dazu nur etwas Hungerkot. Sollwert also wenig oberhalb des Chitinwertes[2]. Bei schlecht ausgenutzter Nahrung müßte also der höhere Heizwert der Mehlwürmer den kalorischen Kotwert wesentlich stärker erhöhen. Gefunden wurde in allen Versuchen 3,8 kal. für den aschehaltigen Trockenkot und es ist dadurch gezeigt, daß große Differenzen in der Ausnutzung wahrscheinlich nicht bestehen werden.

---

[1] Aus Kleie s. Rubner: Arch. f. Anat. **1915**, 141.

[2] Der Heizwert für gereinigtes Chitin aus Hummer oder Krabbe wird von Berthelot und André (2a) mit 4,655 kal./g angegeben. Ich habe abgeworfene Larvenhäute des Mehlwurmes verbrannt und für diese — ungereinigtes Mehlwurmchitin mit Inkrusten und Pigmenten — den Verbrennungswert zu 3,85 kal./g gefunden. Dieser stimmt also fast mit dem des Chitinkotes überein.

Nützte z. B. ein fliegendes Tier die Nahrung wesentlich schlechter aus als ein nicht fliegendes, dann müßte sein Kot bei der Verbrennung wesentlich höhere kalorische Werte liefern. Den kalorischen Wert von Vogelkot und Mäusekot dürfte man zwar eigentlich nicht ohne weiteres vergleichen, da dem Vogelkot auch Vogelharn beigemengt ist. Da es aber schwierig erschien, eine der verbrannten Kotmenge entsprechende Menge Mäuseharn mitzuverbrennen, habe ich den Fehler vernachlässigt.

Die mir für die Verbrennung zur Verfügung stehenden Kotmengen waren so klein, daß nur *mikrokalorimetrische Bestimmungen* gemacht werden konnten. Prinzipiell entspricht diese Methode der Makromethode. Ich verwandte die *Mikro*bombe nach Roth der Firma Franz Hugershoff. Diese Bombe erlaubt Messungen bis zu $1^0/_{00}$ genau. Diese Genauigkeit ist viel größer, als meine Versuche erforderten.

Die Bombe mußte zunächst geeicht werden. Ich bestimmte den Wasserwert derselben mit Benzoesäure (= 6325 kal.) in 22 Versuchen zu 495. Dieser Wert wurde durch Verbrennung von Rohrzucker (= 3955,2 kal.) nochmals nachgeprüft. Nach schriftlicher Mitteilung von Herrn Prof. Roth mußte der Wasserwert für diese Bombe etwa 500 betragen. *Dieser Wasserwert (495) liegt allen späteren Heizwertberechnungen zugrunde.*

Sammlung des Kotes und Durchführung der Verbrennungsversuche.

Um einen Mittelwert aus möglichst vielen Versuchen und von möglichst vielen Tieren zu bekommen und damit individuelle Schwankungen möglichst auszuschalten, habe ich den Kot von 3—4 Tieren gemischt und diese Mischungen jeweils verbrannt. Jeder Wert der Tabellen stellt bereits einen Mittelwert aus vier Versuchen dar.

Der Kot wurde in Abständen von 10—15 Min. gesammelt und im Trockenschrank bei 30^0 getrocknet, dann pulverisiert und wieder getrocknet. Damit war ein konstantes Gewicht erreicht. Das Kotpulver wurde bis zur Verbrennung im Exsikkator aufbewahrt. Mit der Pillenpresse wurden Pillen hergestellt, diese auf $^1/_{10}$ mg genau gewogen. Sie hatten ein Gewicht von 60—120 mg.

Ich gebe hier in knappen Zügen den Vorgang der Verbrennung und die bei meinen Versuchen besonders zu beachtenden Maßnahmen an. [Näheres über Verbrennungen in Mikrobomben, Formelableitung und Berechnung des Eichungs- bzw. Verbrennungswertes: Abderhalden (1, 2) und Gebrauchsanweisung von Hugershoff, Leipzig.]

Um genaue Werte zu bekommen, müssen immer gleiche Versuchsbedingungen herrschen. Das Kalorimeter befand sich deshalb in einem Nordraum von fast konstanter Raumtemperatur von 18—19^0 C. Der äußere Kalorimetermantel war ständig mit Wasser von Zimmertemperatur gefüllt. Das Kalorimetergefäß wurde austariert und mit 390 g Wasser gefüllt. Der Verbrennungsfaden wurde gewogen. Mir stand ein Faden von bekanntem Heizwert zur Verfügung, den ich von Herrn Dr. A. Stern, Technische Hochschule München, erhielt. Ihm sei, auch für viele praktische Ratschläge, hier herzlich gedankt.

Der Boden der Bombe wurde mit 3 ccm destilliertem Wasser bedeckt, die gewogene Pille an den Faden gebunden und auf das ausgeglühte Platinschälchen gelegt, der Bombendeckel aufgeschraubt. Sauerstoff wurde bis zu einem Druck von 25 Atm. eingeleitet. Die Bombe war nun für die Verbrennung fertig und wurde in das mit Wasser gefüllte Kalorimetergefäß vorsichtig eingesetzt. Das Beckmann-Thermometer wurde auf Wassertemperatur eingestellt und in das Kalorimetergefäß eingeführt. Das Wasser im äußeren Kalorimetergefäß wurde durch eine rotierende

Schaufel gemischt und die Temperatur in Abständen von 1 Sek. abgelesen. Wenn die Schwankungen innerhalb dieser Zeit nicht mehr als $^2/_{1000}{}^0$ betragen, so darf die Wassertemperatur als ausgeglichen angesehen werden, und es wurde gezündet. Die Zündungsdauer wird auf 3—4 Sek. ausgedehnt. Die Temperatursteigerung durch die Verbrennung ist zunächst so groß, daß die Temperatur nur auf $^1/_{10}{}^0$ genau abgelesen werden konnte. Später wurde noch $^1/_{1000}{}^0$ mit der Lupe abgeschätzt. Ist der Unterschied zwischen zwei Ablesungen nicht mehr größer als $^2/_{1000}{}^0$, so ist wieder der Ausgleich zwischen Verbrennungswärme und Wärme des Kal. Wassers als vollkommen anzusehen und der Versuch damit beendigt. Bei normalen Verbrennungen bleiben kleinste Reste von anorganischen Bestandteilen in Form von kleinen Kügelchen auf dem Platinschälchen zurück.

Berechnung der Verbrennungswerte (s. Tabelle 18).

Wasserwert (495) mal Temperatursteigerung (Spalte 6) gibt die Verbrennungswärme der Substanz. Dieser so errechnete Verbrennungswert ist aber zu hoch, denn sowohl durch die Zündung als auch durch die Verbrennung des Baumwollfadens wird Wärme frei. Aus der Zündungsdauer (Spalte 4) errechnet sich die Zündungswärme (Spalte 5). Gewicht des Fadens (Spalte 2) mal Verbrennungswärme pro Gewichtseinheit (= 3,9 kal. pro Milligramm) = Verbrennungswärme des benutzten Fadens. Zündungswärme plus Verbrennungswärme des Fadens ist als Korrektur (Spalte 8) von dem errechneten Verbrennungswert (Spalte 7) abzuziehen. Dann ergibt sich der Verbrennungswert der Ausgangssubstanz, den man auf 100 mg Substanz umrechnet. Von den eingewogenen Kotgewichten sind unverbrannte Reste abzuziehen. Als solche kommen in Betracht: beim Maulwurf Erde und bei den Vögeln Magensteinchen. Um nachzuprüfen, ob die erdigen Rückstände des Maulwurfkotes nicht etwa noch organische Reste einzuschließen, wurden diese nochmals zerkleinert, wieder gepreßt und nochmals verbrannt. Sie enthielten keine weiteren Kalorien.

Ich verwandte zu allen Verbrennungen Platindraht, da bei Benützung von Eisendraht die durchgeschmolzenen Teile zurückgewogen werden müssen und ferner die Zündungsdauer nicht so genau festgestellt werden kann, auch die Apparatur Schaden litt.

Manchmal kommt es vor, daß bei der Verbrennung ein Beschlag von feinstverteiltem Ruß in der Bombe entstand; das ist auf eine unvollkommene Verbrennung durch zu wenig Sauerstoff (schlechte Dichtung) oder Feuchtwerden der Verbrennungssubstanz zurückzuführen. Derartige Versuche wurden nicht gewertet. Auch Verbrennungen, bei denen der Platindraht durchgeschmolzen ist, was schon an dem Erlöschen der Kontrollbirne festzustellen war, wurden ausgeschlossen. Im Kot enthaltene Stickstoff- bzw. Schwefelverbindungen bilden bei der Verbrennung Oxyde, die sich dann im Bombenwasser zu Säuren auflösen; dabei wird Wärme frei. Es wird für die Bildung von in Wasser gelöster Salpetersäure pro Grammolekül 14,3 kal. angegeben. Ich prüfte das Bombenwasser nach der Verbrennung mit der gewöhnlichen Nitratprobe. (Die Flüssigkeit wird mit kz. H_2SO_4 überschichtet und dann ein Kristall von Ferrosulfat hineingegeben. Ein brauner

Tabelle 17. Beispiel einer Berechnung des Wasserwertes.

Gewicht der verbr. Substanz	Gewicht der Substanz × 6325 (= I)	Gewicht des Fadens (mg)	Verbr. des Fadens (cal)	Zündungsdauer Sek.	Zündungswärme des Fadens (cal)	Temperatursteigerung (t^1)	Korrektur (= II)	I + II = III	III: Temperatursteigerung = Wasserwert
98,1	620 483	2,1	8,19	3,1	12,459	1,297	20,649	641,310	494,270

Tabelle 18. Beispiel einer Berechnung des Verbrennungswertes von Kot.

1 Gewicht der Kotmenge (mg)	2 Gewicht des Fadens (mg)	3 Verbr.-Wärme des Fadens (cal)	4 Zündungsdauer (Sek.)	5 Zündungswärme (cal)	6 Temperatursteigerung (°C)	7 Wasserwert × Temperatursteigerung = I	8 Korrektur	9 I-Korrektur	10 Verbr.-Wärme von 100 mg
88,4	2,0	7,8	3,1	12,459	0,737	364,315	20,259	344,056	387,84

Tabelle 19. Versuchsergebnisse der Verbrennungen von Kot (Mittelwerte).

Kot des Versuchstieres	Schwankungsbreite		Mittelwert der Verbrennungswärme von 100 mg	n = Zahl der Versuche
	Niederster Verbr. von 100 mg	Höchster Verbr. von 100 mg		
Weiße Maus	361,22	415,43	382,21	26
Kanarienvogel	360,2	423,88	383,03	25
Maulwurf	351,68	428,90	387,16	25
Fledermaus (*Myotis mur.*)	352,29	456,2	385,31	28

Ring zeigt HNO_3 an.) Mit dieser Probe können noch Spuren nachgewiesen werden. Die Probe fiel, mit Bombenwasser durchgeführt, negativ aus. Die Sulfatprobe gab einen kleinen weißen Niederschlag. Trotz dieser Ergebnisse führte ich noch einige Titrationen vom Bombenwasser durch (s. Hugershoff, S. 31). Die hierbei sich ergebenden Werte bewegen sich um 1 kal. Dieser Wert darf vernachlässigt werden, da die physiologischen Schwankungen viel höher liegen.

VI. Ergebnisse.

1. Die Versuche ergaben durchwegs gut übereinstimmende Werte.

2. Der Verbrennungswert des Pflanzenfresserkotes von Vögeln und Mäusen zeigte gute Übereinstimmung. Vögel und Mäuse nützen die Nahrung demnach gleich gut aus.

3. Ebenso entsprach der Verbrennungswert von 100 mg Fledermauskot dem Verbrennungswert von 100 mg Maulwurfkot, d. h. die Fledermäuse nützten die Nahrung genau so gut aus wie die Maulwürfe. Der Kot der Fledermäuse besteht, rein makroskopisch betrachtet, zum größten Teil aus kleinen Teilchen von Chitinhaut der verfütterten Mehlwürmer, der Verbrennungswert abgeworfener Mehlwurmhäute stimmte fast (385 kal. pro 100 mg) mit dem des Kotes nach Mehlwurmfütterung überein. Dadurch ist die Vermutung, daß gerade das Chitin Hauptbestandteil des Kotes ist, gestützt und gezeigt, daß verdauliche Substanz kaum im Kot vorkommt.

VII. Schluß.

Die Fledermaus nimmt bei einer Mahlzeit 40—60 Mehlwürmer auf. In der Natur bewältigt sie noch weit größere Futtermengen. Sie belastet dabei ihren Körper ganz wesentlich, ja es kann sogar vorkommen,

daß sie ihr Körpergewicht verdoppelt. Die Steigerung der Aufnahmefähigkeit von Futter ist von größter Bedeutung, denn nicht immer stehen dem Tier solche Futtermassen zur Verfügung.

Die rasche Verdauung bei Vögeln und Fledermäusen, die erst durch einen verhältnismäßig kurzen Darm ermöglicht wird, ist als Anpassung an das Fliegen anzusehen. Nur durch die Kürze des Darmes ist es dem Tier möglich, sich des großen Ballastes unverdaulicher Reste rasch wieder zu entledigen. Die Kürze des Darmes trägt ihrerseits wieder zur Körpergewichtsverminderung bei. Da die Nahrung aber trotzdem im kürzeren Darm und in der kürzeren Verdauungszeit gleich gut ausgewertet wird, braucht das fliegende Tier nicht mehr Futter aufzunehmen als das nichtfliegende, um die gleiche Kalorienmenge zu erhalten.

Die vier Faktoren: geringere Darmlänge, raschere Verdauung, geringeres Darmgewicht, gleiche Auswertung der Nahrung sind als Anpassungen der fliegenden Tiere an ihre besondere Lebensweise zu betrachten.

Es wird Gleichwertiges mit dem ganz verschieden gebauten Verdauungsapparat der Vögel und Mäuse und der fliegenden und nichtfliegenden Insektenfresser geleistet.

Zusammenfassung.

1. Die Kanarienvögel besitzen einen relativ kürzeren Darm als die Mäuse. Die Darmlänge des Vogels beträgt rund $^5/_6$ von dem der Maus.

2. Die ersten Reste der Versuchsmahlzeit durchlaufen den Vogeldarm in $^1/_4$ der Zeit wie bei den Mäusen.

3. Die Gesamtdurchgangszeit der Nahrung beträgt beim Vogel nur $^1/_3$ von der der Maus.

4. Der Vogeldarm ist nicht nur *relativ kürzer*, sondern auch *leichter* als der Mäusedarm. Ebenso verhalten sich auch die Darminhalte.

5. Der Darm der Fledermaus zeigt eine deutliche relative Verkürzung gegenüber dem Darm mancher Insektenfresser, z. B. der Spitzmäuse.

6. Die Durchgangszeiten eines „Futterteilchens" bei Fledermaus und Maulwurf entsprechen den jeweiligen Darmlängen der Tiere.

7. Das Gewicht des Darmes der Fledermaus ist entsprechend seiner geringen Länge auch kleiner.

8. Die Fledermaus nützt die Nahrung genau so gut aus wie der Maulwurf.

Die genannten Besonderheiten bei Vögeln und Fledermäusen kann man als Anpassungen an das Flugvermögen auffassen.

Literaturverzeichnis.

1. **Abderhalden, Emil:** Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Bd. 1, S. 659; Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Bd. 2/II. — 2. **Basler, Adolf:** Beiträge zur Kenntnis der Bewegungsvorgänge des Blinddarminhalts.

Arch. f. Physiol. **128** (1909). — 2a. **Berthelot** et **André:** Chaleur de combustion des principaux composés azotis contenus dans les êtres vivants et son rôle dans la production de la chaleur animale. C. r. Acad. Sci. Paris **110**, 925 (1890). — 3. **Breitmeyer, H.:** Beiträge zur Physiologie und Histologie der Verdauungsorgane bei Vögeln. Inaug.-Diss. Tübingen 1904. — 4. **Biedermann, R.:** Beiträge zur Physiologie und Histologie der Verdauungsorgane bei Vögeln. Inaug.-Diss. Tübingen 1930—1936. — 5. **Brant, Georg:** Nach Wetzel: Arch. Entw.mechan. **114** (1928/29). — 6. **Eisentraut, M.:** Biologische Notizen über heimische Fledermäuse, insbesonders aus der Umgebung Berlins. Ges. naturforsch. Freunde Berlin **1932**, Nr 1—3. — 7. **Groebbels, Franz:** Der Vogel, Bd. 1. Berlin: Gebrüder Bornträger 1932. — 8. **Groebbels, Franz:** Über den Stoffwechsel der Vögel und seine biologische Bedeutung. Biol. Zbl. **47**, 344 (1927). — 9. **Groebbels, Franz:** Untersuchungen über den Stoffwechsel von Igel und Maulwurf. Pflügers Arch. **1926 II**, 213. — 10. **Habeck, Rudolf:** Die Durchgangszeiten verschiedener Futtermittel durch den Verdauungskanal bei Hühnern und Tauben. Wiss. Arch. Landw. **2**, H. 5 (1930). — 11. **Haesler, Kurt:** Der Einfluß verschiedener Ernährung auf die Größenverhältnisse des Magendarmkanals bei Säugetieren. Inaug.-Diss. Berlin 1929. — 12. **Henneberg, W.** u. **F. Stohmann:** Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. Braunschweig: C. A. Schwetzke & Sohn 1860. — 13. **Jacobshagen, Eduard:** Allgemeine vergleichende Formenlehre der Tiere. Leipzig: W. Klinckhardt 1925. — 14. **Kaupp, B. F.** and **J. E. Ivey:** J. agricult. Res. **23**, 721 (1923). — 15. **Kriszat, Georg** u. **Rudolfo Ferrari:** Untersuchungen über den Stoffwechsel des Maulwurfs. Z. vergl. Physiol. **19** (1933). — 16. **Lenkeit, W.** u. **R. Habeck:** Zur Bestimmung der Durchgangszeit der Nahrung durch den Verdauungskanal verschiedener Tiere. Wiss. Arch. Landw. **2**, H. 4 (1930). — 17. **Lenkeit, W.:** Normale Anatomie und spontane Erkrankungen der kleinen Laboratoriumstiere, herausgeg. von Jaffé, S. 88. Berlin 1930. — 18. **Magnan, A.:** Le tube digestif et le régime alimentaire des Oiseux. Collection de Morphologie dynamique, Vol. 3. Paris 1911 (zit. nach Haesler). — 19. **Mangold, Ernst:** Der Muskelmagen der körnerfressenden Vögel. Pflügers Arch. **111** (1926). — 20. **Mangold, Ernst:** Totenstarre der glatten Muskulatur. Erg. Physiol. **25** (1926). — 21. **Mangold, E.:** Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels landwirtschaftlicher Nutztiere. Berlin: Julius Springer 1929. — 22. **Mathis, Jürg:** Beitrag zur Kenntnis des Fledermausdarmes. Z. mikrosk.-anat. Forsch. **1927/28**. — 23. **Schäff, Ernst:** Verdauungsversuche an Schildkröten mit besonderer Berücksichtigung der Durchgangszeit der Nahrung der Verdaulichkeit der Rohfaser. Arch. f. Tierern. u. Tierzucht **1931**. — 24. **Schembra, Fr. W.** u. **van der Reis:** Länge und Lage des Verdauungsrohres beim Lebenden. Z. exper. Med. **43** (1924). — 25. **Scheunert, A.:** Zit. bei *Buddenbrock:* Physiologie der Ernährung, S. 624. Berlin: Gebrüder Bornträger 1928. — 26. **Schmidt, A.** u. **S. Strasburger:** Die Faeces des Menschen, 4. Aufl., S. 6. Berlin 1915. — 27. **Steinmetzer, K.:** Pflügers Arch. **206**, 500 (1924). — 28. **Völtz:** Studien über den Stoffwechsel des Haushuhns. Landw. Jb. **38**, 553 (1909). — 29. **Weiske, H.:** Versuche über die Aufenthaltsdauer des Futters im Verdauungsapparat der Tiere, insbesondere des Schafes. J. Landw. **26**, 175 (1878).

Lebenslauf.

Ich wurde als Tochter des Bankbeamten Johann Pesserl am 18. 2. 1910 in München geboren. Nach 6 Klassen Lyzeum besuchte ich 3 Jahre die Luitpold-Oberrealschule in München, an der ich auch die Reifeprüfung ablegte. Anschließend studierte ich an der Universität München Naturwissenschaften. 1935 legte ich den 1. Teil der Lehramtsprüfung für Chemie, Biologie und Geographie in München, 1936 den 2. Teil am Naturwissenschaftlichen Seminar des Luitpold-Realgymnasiums München ab. In der Folgezeit arbeitete ich an der Ausarbeitung der Zulassungsarbeit zur Doktorarbeit. Ab 1937 war ich als Lehrerin der höheren Schule in einer Schule in Oberstdorf beschäftigt. Während dieser Zeit brachte ich meine Arbeit zum Abschluß und promovierte im April 1938.